云 南 植 物 研 究 2007，29 (5)：497～512
Acta Botanica Yunnanica

亚洲粗叶木属及相关属植物叶表皮微形态特征*

蔡 敏[1,2]，朱 华[1**]，王 红[3]

(1 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部，云南 昆明 650223；2 中国科学院研究生院，北京 100049；
3 中国科学院昆明植物研究所，云南 昆明 650204)

摘要：利用光学显微镜和电子扫描显微镜研究了亚洲茜草科粗叶木属植物 26 种（包括 1 个亚种和 2 个变种）和相关 4 属即巴戟天属、九节属、染木属和尖叶木属 6 种植物的叶表皮微形态特征。粗叶木属植物上表皮细胞形状一般呈不规则波状、近椭圆形或者不规则多边形，下表皮细胞一般呈不规则皱波状或者多裂深波状，细胞壁曲折无章，细胞间界限不明显，上、下表皮细胞壁均有加厚现象。叶表皮角质层明显，在电镜下有以下几种类型：颗粒状，网状，鳞片状，乳突状。气孔器几乎全部生在下表皮，有些种气孔下陷，气孔器一般是一对保卫细胞和一对副卫细胞平列。一些粗叶木属植物种叶上着生表皮毛。表皮毛分为单细胞毛和单列多细胞毛两种结构类型以及扭曲毛，线形毛和直壁毛 3 种形态类型。相关属的叶表皮微形态特征与粗叶木属植物较为相似。粗叶木属植物叶表皮微形态特征具有一定的分类学价值，其性状虽有遗传稳定性，但随生态环境不同而有一定变异。粗叶木属植物叶气孔长轴径 径轴变化幅度比较大以及叶表皮上的毛被多样化均能反映其对生态环境的适应变化。

关键词：叶表皮；微形态；粗叶木属

中图分类号：Q 944　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253 - 2700 (2007) 05 - 497 - 16

Leaf Epidermal Morphology of *Lasianthus* (Rubiaceae) and Its Related Genera in Asia*

CAI Min[1,2]，ZHU Hua[1**]，WANG Hong[3]

(1 *Kunming Section of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650223，China；
2 *Graduate University of the Chinese Academy of Sciences*，Beijing 100049，China；
3 *Kunming Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650204，China)

Abstract: Leaf epidermal morphology of 26 species (including 1 subspecies and 2 varieties) of *Lasianthus* and 6 species of its related 4 genera *Morinda*，*Psychotria*，*Saprosma* and *Urophyllum*，were investigated under both light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM). It was shown that the shapes of upper leaf epidermal cells varies from irregularly sinuolate，nearly elliptic to irregularly polygonal. The lower leaf epidermal cells are usually irregularly sinuous or sinuate. The patterns of anticlinal walls are sinuate irregularly，and the ambits are inconspicuous between the cells. It was found that the cell walls of both upper and lower epidermis are covered with thick corticle. Under SEM，the cuticula membrane of the leaf epidermis is distinct，and granular，reticulate，scaly or papilliform in shape. The stomatal apparatus is of paracytic type and occurs only on the lower surface. The stomatas of some species are sunken. Leaf indumentum of *Lasianthus* species can be classified into single-celled hairs and uniseriate multi-celled hairs including linear，twisted and straight-walled hairs. The leaf epidermal morphology of the related genera in Rubiaceae is similar to *Lasianthus*. In conclusion，the leaf micro-morphological characteristics have some significance in identification of *Lasianthus* species，but show regular varia-

* 基金项目：国家自然科学基金 (30770158)
** 通讯作者：Author for correspondence
收稿日期：2006 - 08 - 16，2007 - 07 - 21 接受发表
作者简介：蔡敏 (1978 -) 女，研究生，主要从事植物系统分类学研究。Tel：+86 (0) 871 5142055；E-mail：minc@xtbg.ac.cn

tion with habitats. The variations of the ratio between stomatal polar axis and outer stomatal ledge aperture, as well as leaf indumentum of *Lasianthus* species are well correspondent to their habitats.

Key words: Leaf epidermal; Morphology; *Lasianthus*

粗叶木属 (*Lasianthus* Jack) 是茜草科 (Rubiaceae) 中的一个大属, 约有180个种, 间断分布在热带亚洲和东亚 (约160个种)、热带澳洲 (1个种)、热带非洲 (20个种) 和热带美洲 (2个种), 以热带亚洲为分布和多样化中心 (Robbrecht, 1988)。粗叶木属于1823年建立, 该属的特征清楚, 但是种类分化强烈, 导致种间界线不清, 分类和鉴定十分困难 (Zhu, 2002)。

在植物分类研究中, 叶是仅次于花和果实用于分类的特征 (Stace, 1966; Hickey, 1973, 1979; Theobald 等, 1979)。叶微观形态特征在现代植物分类学研究中被越来越多地应用到疑难类群的分类鉴定中 (Pan 等, 1990; Shui 等, 1999; Sun 等, 1999, 2003; Christophel 等, 1996), 这些微观形态特征已被证实是一类有运用价值的分类学特征 (David, 1974)。在高等植物中, 叶片形态解剖结构也常用在种间分类上 (Stace, 1966, 1984; Heywood 等, 1984)。

近年来, 在茜草科粗叶木属植物的分类研究上, 朱华分别对中国、泰国等的粗叶木属植物进行了修订, 澄清了一些易混淆的种类 (朱华, 1994, 1998, 2001b; Zhu, 2001a, 2002; 朱华等, 2000)。然而, 在对该属植物以往的分类学研究中, 利用的均是宏观形态学特征。把叶微观形态解剖特征运用于该属植物的分类上, 将能提供新的依据, 并能对探讨该属植物在茜草科中的系统位置提供参考。

1 材料和方法

研究材料来自粗叶木属植物26种 (包括1个亚种和2个变种) 和与之相近的4属6种植物 (表1), 其中的一部分取自中国科学院西双版纳热带植物园标本馆 (HITBC) 的腊叶标本, 另外一部分取自中国科学院昆明植物研究所标本馆 (KUN) 的腊叶标本。

实验是在中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学开放实验室和中国科学院西双版纳热带植物园植物系统与保护生物学实验室完成的。

通过实际的实验操作和预备实验, 粗叶木属植物叶表皮比较合理的实验流程为: 每种选取正常的成熟叶片2～3片, 用水煮沸软化约5 min, 在近中脉处剪取1 cm×1 cm左右的小片若干。将小叶片浸泡在 Jefferys 溶液 (10%铬酸水溶液∶10%硝酸 = 1∶1) 中, 放在40℃保温箱中解离约20 h, 待叶肉组织与上、下表皮开始分离时把离析后的材料用水冲洗干净, 撕下上、下表皮, 用毛刷刷去叶肉组织, 再水洗干净 (用细铜丝网洗)。将干净的上、下表皮放于1%的番红酒精溶液中染色12 h之后, 乙醇系列 (50%, 75%, 80%, 95%) 脱水, 透明, 中性树胶封片。在BX51/BX52 OLYMPUS 光学显微镜下观察。观察的片子3张以上, 每张片子视野20个以上, 并拍照。

将一小块成熟完好的干叶片直接贴在观察台上, 镀导电膜, 在 KYKY-1000B 型的扫描电子显微镜下观察, 拍照。叶表皮术语参照 Dilcher (1974) 和 Wilkinson (1979)。

2 观察结果

详细结果见表2和表3。

2.1 上表皮细胞

大部分种上表皮细胞是不规则波状、近椭圆形或者不规则多边形, 细胞壁加厚 (图版Ⅰ: 1～5)。上表皮细胞排列紧密, 无气孔分布, 一般无毛, 只有 *L. biermannii*, *L. hirsutus*, *L. japonicus* 的上表皮中脉上被硬毛或长糙毛。叶上表皮光滑, 角质层明显 (图版Ⅰ: 2, 3) 或具有一层蜡质。电镜下上表皮蜡被有以下几种类型: 光滑, 鳞片状, 网状, 颗粒状, 乳突状 (图版Ⅲ: 25～29)。

2.2 下表皮细胞

一般不规则皱波状, 多裂深波状 (图版Ⅰ: 9～12), 细胞壁曲折, 细胞间界限不明显。下表皮角质层不如上表皮明显, 电镜下蜡被以网状和鳞片状为主 (图版Ⅲ: 30, 31)。下表皮上的表皮毛多为单细胞毛 (single-cell hairs) (图版Ⅱ: 20, 图版Ⅴ: 52) 或者线形毛 (line-type hairs) (图版Ⅱ: 19, 图版Ⅴ: 59, 60)。单细胞或者单列多细胞的毛细胞长条形或者长方形 (图版Ⅱ: 22, 23), 基部膨大而末端渐尖 (图版Ⅱ: 19, 21, 24), 毛细胞有角质层 (图版Ⅵ: 61～63), 一般生在下表皮细胞的气孔之间, 长大约20～100 μm。一般气孔和表皮毛同在下表皮 (图版Ⅴ: 57, 60)。

2.3 气孔器

气孔器全部生在下表皮。气孔与表皮细胞大部分在同一平面上，有的气孔下陷，在表皮细胞平面之下（图版Ⅳ：46）。粗叶木属植物气孔长轴径介于 13.63～44.46 μm 之间，气孔径轴介于 10.02～36.31 μm 之间，气孔长轴径 径轴的比值介于 1.00～1.60。根据气孔器电镜图片和长轴径 径轴比值将其形状分为两种：椭圆形（图版Ⅲ：33，35，36，图版Ⅳ：37，41～45）和卵形（图版Ⅲ：34，图版Ⅳ：38～40，47）。气孔类型几乎全部是平列型（图版Ⅰ：11，12，图版Ⅱ：14，15）。气孔外拱盖表面的形态特征是：光滑、近光滑、浅波状、瘤状（图版Ⅲ：33，36，图版Ⅳ：38，42），以近光滑和浅波状为主。气孔外拱盖内缘形态与气孔外拱盖形态相似。

气孔器一般有一对保卫细胞和一对副卫细胞平列，副卫细胞通常在气孔两极端处融合，保卫细胞在电镜下也有融合的趋势（图版Ⅲ：34，图版Ⅳ：39，41）。有个别种可以看到气孔间连丝（图版Ⅳ：37）。

表 1　材料来源

Table 1　Origin of materials

物种 Species	采集地 Locality	凭证标本 Voucher
斜基粗叶木 *Lasianthus attenuatus* Jack	云南勐养 Mengyang，Yunnan	冯国楣（K.M.Feng）20379（KUN）
华南粗叶木 *L. austrosinensis* H.S.Lo	广东鼎湖草塘坑 Dinghucaotangken，Guangdong	丁广奇（K.Q.Ding）553（KUN）
梗花粗叶木 *L. biermannii* King ex Hook.f.	云南临沧大雪山区 Lincangdaxueshanqu，Yunnan	朱太平（T.P.Zhu）79（KUN）
黄果粗叶木 *L. calycinus* Dunn.	采集地不祥 Locality Unknown	刘心祈（X.Q.Liu）26336（KUN）
长萼粗叶木 *L. chevalieri* Pitard	海南 Hainan	海南调查队 Hainan Exped.317（1955 年）（KUN）
粗叶木 *L. chinensis* Benth.	广西龙津 Longjin，Guangxi	陈少卿（S.Q.Chen）1324（KUN）
库兹粗叶木 *L. chrysoneurus* Miq.	云南沧源 Cangyuan，Yunnan	陶国达（K.D.Tao）40052（HITBC）
罗浮粗叶木 *L. fordii* Hance	海南陵水 Lingshui，Hainan	邓良（L.Deng）3011（KUN）
台湾粗叶木 *L. formosensis* Matsum	云南勐腊补蚌 Bubeng，Mengla，Yunnan	朱华（H.Zhu）2522（HITBC）
海南粗叶木 *L. hainanensis* Merr.	海南琼中 Qiongzhong，Hainan	陈少卿（S.Q.Chen）10446（KUN）
西南粗叶木 *L. henryi* Hutch	云南景洪勐宋 Mengsong，Jinghong，Yunnan	朱华（H.Zhu）974113（HITBC）
鸡屎树 *L. hirsutus*（Roxb.）Merr.	海南坝王岭 Bawanglin，Hainan	陶国达（K.D.Tao）23287（KUN）
鸡屎树 *L. hirsutus*（Roxb.）Merr.	苏门答腊 Sumatra	K.lwatsuki，et.926（HITBC）
文山粗叶木 *L. hispidulus*（Drake）Pitard	越南大黄毛山 Dahuangmaoshan，Vietnam	曾怀德（H.D.Zeng）27091（KUN）
虎克粗叶木 *L. hookeri* C.B.Clarke	云南沧源 Cangyuan，Yunnan	李延辉（Y.H.Li）11678（KUN）
睫毛虎克粗叶木 *L. hookeri* var. *dunnaiana* H.Zhu	云南西双版纳 Xishuangbanna，Yunnan	王洪（H.Wang）960970（HITBC）
革叶粗叶木 *L. inodorus* Blume	马来西亚 Kinabalu，Borneo，Malesia	朱华（H.Zhu）无记录（HITBC）
日本粗叶木 *L. japonicus* Miq.	贵州榕江 Rongjiang，Guizhou	黔南队 Qinnan Team 2933（KUN）
宽叶日本粗叶木 *L. japonicus* var. *latifolius* H.Zhu	采集地不祥 Locality Unknown	武全安（Q.A.Wu）7500（KUN）
美脉粗叶木 *L. lancifolius* Hook.f.	云南马关 Maguan，Yunnan	孙航（H.Sun）1466（KUN）
无苞粗叶木 *L. lucidus* Bl.	泰国清迈 Qingmai，Thailand	朱华（H.Zhu）19910509（KUN）
小花粗叶木 *L. micranthus* Hook.f.	采集地不祥 Locality Unknown	朱华（H.Zhu）2508（HITBC）
黄毛粗叶木 *L. rhinocerotis* Bl.	马来西亚 Kinabalu，Borneo，Malesia	朱华（H.Zhu）无记录（HITBC）
版纳粗叶木 *L. rhinocerotis* subsp. *xishuangbannaensis* H.Zhu & H.Wang	泰国中部 Middle of Thailand	朱华（H.Zhu）19910512（KUN）
大叶粗叶木 *L. rigidus* Miq.	云南沧源 Cangyuan，Yunnan	陶国达（K.D.Tao）40023（KUN）
泰北粗叶木 *L. schmidtii* K.Schum.	云南思茅 Simao，Yunnan	采集人不祥 Unknown 6445（HITBC）
锡金粗叶木 *L. sikkimensis* Hook.f.	云南景洪勐宋 Mengsong，Jinghong，Yunnan	朱华（H.Zhu）19970420（HITBC）
栖兰钟萼粗叶木 *L. trichophlebus* Hemsl.var. *latifolius* H.Zhu	海南 Hainan	海南调查队 Hainan Exped.520（1955 年）（KUN）
截萼粗叶木 *L. verticillatus*（Lour.）Merr.	云南版纳勐仑 Menglun，Banna，Yunnan	李延辉（Y.H.Li）1507（HITBC）
印度羊角藤 *Morinda umbellata* Linne.	云南独龙江 Dulong River，Yunnan	冯国楣（K.M.Feng）24244（KUN）
海南巴戟 *Morinda hainanensis* Merr.et How	采集地不祥 Locality Unknown	侯宽昭（K.Z.Hou）72652（KUN）
驳骨九节 *Psychotria prainii* Lévl.	云南绿春至李仙江 Luchun to Lixianjiang，Yunnan	陶德定（T.D.Tao）573（KUN）
滇南九节 *Psychotria henryi* Lévl.	云南绿春 Luchun，Yunnan	税玉民（Y.M.Shui）13379（KUN）
染木树 *Saprosma ternatum* Hook.f.	云南勐腊 Mengla，Yunnan	李锡文（X.W.Li）59-13528（KUN）
尖叶木 *Urophyllum chinensis* Merr.et Chun	云南勐腊补蚌 Bubeng，Mengla，Yunnan	陶国达（K.D.Tao）9178（KUN）

表 2 光镜下粗叶木属及相关属植物叶表皮微形态特征

Table 2 Characteristics of leaf epidermis in *Lasianthus* and the related genera under LM

分类群 Taxa	上表皮 Upper epidermis		下表皮 Lower epidermis						叶脉表皮毛	
	细胞形态 Cell shapes	毛被 Indumentum	细胞形态 Cell shapes	气孔长轴径 (μm) Polar axis of stomata (P)	气孔径轴 (μm) Equatorial axis of stomata (E)	长轴径径轴 (P E)	气孔类型 Stomata type	毛被类型 Hair types	长度 (μm) Length of hairs	毛被类型 Hair types
Lasianthus										
L. attenuatus	不规则波状	无毛	不规则皱波状	(23.59-39.52) 29.57	(20.86-33.86) 27.24	(1.10-1.32) 1.21	平列型	线形毛	*	直壁毛，线形毛
L. austrosinensis	不规则波状	无毛	*	(16.06-20.22) 17.48	(13.12-15.13) 14.44	(1.14-1.48) 1.26	平列型	*	83.11-233.42	直壁毛，线形毛
L. biermanni	不规则波状	中脉上被硬毛	不规则皱波状	(19.80-24.24) 22.42	(16.75-20.56) 18.24	(1.04-1.36) 1.22	平列型	无毛	49.57-79.47	单细胞毛，线形毛
L. chevalieri	*	无毛	不规则皱波状	(17.92-29.15) 22.18	(13.36-20.45) 15.16	(1.13-1.32) 1.19	平列型	单细胞毛，线形毛	183.21-396.15	直壁毛，线形毛
L. chinensis	近椭圆形	无毛	多裂深波状	(20.60-41.36) 24.67	(14.06-31.95) 20.41	(1.07-1.38) 1.20	平列型	单细胞毛	65.6-198.85	直壁毛，线形毛
L. chrysoneurus	*	无毛	不规则皱波状	(22.59-39.61) 27.37	(20.83-33.61) 26.64	(1.06-1.29) 1.14	平列型	单细胞	103.11-263.24	直壁毛，线形毛
L. fordii	近椭圆形	无毛	不规则皱波状	(13.63-30.16) 25.45	(10.02-19.23) 16.04	(1.19-1.49) 1.33	平列型	单细胞毛	108.68-457.94	扭曲毛，线形毛
L. formosensis	*	无毛	不规则皱波状	(16.66-20.31) 17.68	(13.20-15.10) 14.77	(1.14-1.56) 1.28	平列型	单细胞毛，线形毛	96.18-193.69	直壁毛，线形毛
L. henryi	近椭圆形或浅波状	无毛	多裂深波状	(31.25-38.79) 32.61	(20.92-29.57) 26.79	(1.15-1.33) 1.23	平列型	无毛	129.80-490.80	直壁毛
L. hispidulus	不规则多边形	无毛	多裂深波状	(29.01-39.41) 32.54	(19.19-29.71) 23.50	(1.15-1.37) 1.24	平列型	扭曲毛，线形毛	171.22-356.33	扭曲毛，线形毛
L. hirsutus	不规则波状	长糙毛或近无毛	*	(28.63-40.34) 30.15	(10.80-20.16) 14.29	(1.11-1.60) 1.36	平列型	线形毛	159.11-456.72	扭曲毛，线形毛
L. hirsutus	不规则波状	长糙毛或近无毛	*	(16.44-25.91) 21.27	(12.63-20.99) 16.32	(1.43-1.58) 1.52	平列型	线形毛	472.60-594.20	直壁毛，扭曲毛
L. hookeri	不规则波状	无毛	多裂深波状	(27.60-38.14) 29.69	(19.60-29.28) 22.73	(1.00-1.38) 1.23	平列型	单细胞毛，线形毛	142.91-261.25	扭曲毛
L. hookeri var. *dunniana*	不规则多边形	无毛	不规则皱波状	(24.64-31.70) 27.17	(17.10-23.54) 18.14	(1.12-1.35) 1.22	平列型	单细胞毛，线形毛	225.65-637.44	扭曲毛
L. inodorus	不规则波状	无毛	*	(26.57-38.29) 30.31	(20.09-30.05) 24.56	(1.23-1.32) 1.25	平列型	单细胞毛，线形毛	55.52-61.31	线形毛
L. japonicus	不规则波状	近无毛	不规则皱波状	(26.52-36.65) 33.48	(19.60-28.02) 25.61	(1.10-1.40) 1.25	平列型	无毛	199.92-331.57	直壁毛，线形毛

续表 2

分类群 Taxa	上表皮 Upper epidermis 细胞形态 Cell shapes	上表皮 Upper epidermis 毛被 Indumentum	下表皮 Lower epidermis 细胞形态 Cell shapes	气孔长轴径（μm）Polar axis of stomata（P）	气孔径轴（μm）Equatorial axis of stomata（E）	长轴径/径轴（P/E）	气孔类型 Stomata type	毛被类型 Hair types	叶脉表皮毛 长度（μm）Length of hairs	叶脉表皮毛 毛被类型 Hair types
Lasianthus										
L. japonicus var. *latifolius*	不规则波状	无毛	不规则皱波状	（25.03-36.45）31.52	（18.45-28.53）23.39	（1.04-1.46）1.24	平列型	无毛	*	无毛
L. lancifolius	近椭圆形	无毛	不规则皱波状	（22.64-32.75）28.51	（10.69-25.56）16.97	（1.16-1.33）1.23	平列型	单细胞	106.85-170.98	线形毛
L. lucidus	近椭圆形	无毛	不规则皱波状	（28.36-41.23）37.85	（20.85-36.31）23.85	（1.02-1.32）1.09	平列型	无毛	*	直壁毛，线形毛
L. micranthus	近椭圆形或浅波状	无毛	皱波状	（23.73-44.46）37.53	（19.11-34.83）30.73	（1.07-1.34）1.12	平列型	无毛	317.85-431.60	直壁毛
L. rhinocerotis	*	无毛	多裂深波状	（30.56-37.22）35.30	（20.44-27.54）23.10	（1.16-1.39）1.27	平列型	线形毛	*	直壁毛
L. rhinocerotis subsp. *xishuangbannaensis*	不规则波状	无毛	多裂深波状	（24.37-34.67）26.37	（19.95-23.92）22.53	（1.10-1.30）1.22	平列型	单细胞毛，线形毛	240-306.6	扭曲毛，直壁毛
L. rigidus	不规则波状	无毛	*	（16.37-20.99）18.22	（12.57-18.12）15.12	（1.13-1.44）1.30	平列型	*	216.44-506.50	直壁毛
L. schmidtii	近椭圆形	无毛	不规则皱波状	（19.95-23.84）21.48	（17.25-21.46）17.28	（1.08-1.36）1.21	平列型	线形毛	222.3-415.5	直壁毛
L. sikkimensis	近椭圆形	无毛	皱波状	（22.64-28.80）23.59	（15.56-20.11）18.86	（1.09-1.36）1.31	平列型	扭曲毛	166.40-600	直壁毛，线形毛
L. trichophlebus	*	无毛	*	（20.49-34.94）32.28	（14.58-25.02）24.22	（1.17-1.53）1.28	*	单细胞毛，线形毛	110.38-213.56	线形毛
L. verticillatus	不规则波状	无毛	不规则皱波状	（26.10-37.75）31.19	（16.29-26.38）20.80	（1.22-1.58）1.40	平列型	线形毛	*	直壁毛，线形毛
The genera related										
Morinda hainanensis	近椭圆形或不规则多边形	疏被紧贴硬毛	*	（16.21-23.61）19.96	（12.86-19.19）16.86	（1.08-1.23）1.17	平列型	单细胞毛，线形毛		线形毛
Morinda umbellata	近椭圆形或不规则多边形	具蜡质，无毛	皱波状	（14.19-20.30）17.69	（13.61-16.91）15.03	（0.98-1.15）1.00	平列型	无毛		无毛
Saprosma ternatum	近椭圆形或不规则多边形	无毛	不规则多边形	（15.81-21.57）19.42	（13.12-17.85）16.85	（1.11-1.34）1.14	不规则型	无毛		无毛
Psychotria henryi	不规则多边形	无毛	*	（18.94-32.49）26.28	（12.85-24.82）20.52	（1.15-1.33）1.21	平列型	无毛		线形毛

续表 2

分类群 Taxa *Lasianthus*	上表皮 Upper epidermis 细胞形态 Cell shapes	毛被 Indumentum	下表皮 Lower epidermis 细胞形态 Cell shapes	气孔长轴径 (μm) Polar axis of stomata (P)	气孔径轴 (μm) Equatorial axis of stomata (E)	长轴径径轴 (P E)	气孔类型 Stomata type	毛被类型 Hair types	叶脉表皮毛 长度 (μm) Length of hairs	毛被类型 Hair types
Psychotria prainii	不规则多边形	无毛	*	(21.29-34.92) 28.29	(14.58-29.02) 24.13	(1.13-1.32) 1.19	平列型	单细胞毛，线形毛		扭曲毛
Urophyllum chinensis	不规则多边形	无毛	不规则形	(21.53-33.32) 24.76	(17.74-24.88) 18.23	(1.10-1.48) 1.18	不规则型	无毛	67.5-108.12	单细胞毛，线形毛

表 3 电镜下粗叶木属及相关属植物叶表皮微形态特征

Table 3 Characteristics of leaf epidermis in *Lasianthus* and the related genera under SEM

分类群 Taxa *Lasianthus*	气孔器 Stomata 气孔形状	气孔外拱盖	气孔外拱盖内缘	表皮毛 Indumentum 毛细胞形状	毛细胞角质层	叶表皮角质层 Cuticula membrane
L. biermannii	卵形	近光滑	光滑	矩形，不规则形	条纹状，雕纹状	颗粒状
L. calycinus	椭圆形	浅波状	近光滑	矩形，长方形	雕纹状	网状
L. chevalieri	椭圆形	瘤状	瘤状	长方形	条纹状	网状，颗粒状
L. chinensis	卵形	近光滑	光滑	矩形，不规则形	条纹状，雕纹状	网状，颗粒状
L. chrysoneurus	卵形	光滑	近光滑	矩形，不规则形	条纹状	乳突状
L. fordii	椭圆形，卵形	近光滑	近光滑	矩形，不规则形	条纹状	鳞片状
L. formosensis	椭圆形	光滑	光滑	矩形，长方形	条纹状，雕纹状	网状，颗粒状
L. hainanensis	椭圆形	光滑	近光滑	长方形	条纹状	网状，颗粒状
L. henryi	椭圆形，卵形	浅波状	近光滑	矩形，长方形	条纹状	颗粒状
L. hirsutus	椭圆形，卵形	近光滑	近光滑	矩形，长方形	条纹状	颗粒状
L. hirsutus	椭圆形	浅波状	近光滑	矩形，不规则形	条纹状	鳞片状
L. hispidulus	椭圆形	不明显	近光滑	矩形，长方形	条纹状	网状，颗粒状
L. hookeri	椭圆形，卵形	光滑	光滑	矩形，不规则形	条纹状	网状
L. hookeri var. *dunniana*	椭圆形，卵形	浅波状	浅波状	矩形，长方形	毛状突起的条纹状	颗粒状
L. inodorus	椭圆形	浅波状	浅波状	矩形	近光滑	鳞片状
L. japonicus	卵形	光滑	光滑	矩形	条纹状	颗粒状
L. lancifolius	椭圆形，卵形	近光滑	近光滑	不规则形	近光滑	颗粒状
L. rhinocerotis	椭圆形	瘤状	瘤状	矩形	条纹状	网状
L. rhinocerotis subsp. *xishuangbannaensis*	椭圆形	不明显	浅波状	矩形，不规则形	条纹状	鳞片状
L. schmidtii	椭圆形	浅波状	浅波状	长方形	雕纹状	网状
L. sikkimensis	卵形	近光滑	光滑	矩形	条纹状	鳞片状
L. verticillatus	椭圆形	浅波状	浅波状	长方形	条纹状	网状
The genera related						
Morinda hainanensis	椭圆形	近光滑	光滑	矩形，不规则形	条纹状	网状
Saprosma ternatum	椭圆形	浅波状	浅波状	无毛	无毛	网状
Psychotria henryi	椭圆形	近光滑	近光滑	不明显	不明显	网状
Psychotria prainii	椭圆形	近光滑	近光滑	矩形	条纹状	网状
Urophyllum chinensis	椭圆形	浅波状	近光滑	不规则形	雕纹状	网状，颗粒状

2.4　表皮毛

叶中脉上表皮毛多，侧脉和小脉上的表皮毛次之（图版Ⅴ：53～56）。表皮毛上有角质层，可以从基细胞处脱落（图版Ⅵ：61）。毛细胞角质层可以观察到如下几种类型：条纹状，雕纹状，近光滑及毛状突起的条纹状（图版Ⅵ：61～69），以条纹状为主。大多数的种类即使其表皮毛着生的位置相同，毛细胞的形态和结构也存在一定的差异。根据表皮毛着生的位置以及毛细胞的形态和结构，可以将粗叶木属植物的表皮毛分成以下几种结构类型：

类型Ⅰ　单细胞毛（single-cell hairs），一般生在下表皮细胞或气孔之间，偶尔也会在小脉上。单细胞圆锥形或长条形，毛细胞基部膨大，末端渐尖，细胞壁加厚（图版Ⅱ：20，图版Ⅴ：52）。

类型Ⅱ　单列多细胞毛（uniseriate multi-cell hairs），即多细胞纵列，只有一个细胞的宽度，由 2 个以上细胞线形排列而成，有的多达 30 个左右细胞。此类型的表皮毛一般着生在叶中脉、侧脉或小脉上（图版Ⅴ：53～56），部分种的下表皮偶尔有少量存在。毛细胞矩形、长方形或不规则形（图版Ⅱ：22，23，图版Ⅴ：57，图版Ⅵ：62，63）。毛细胞的基部、中部、尖端不同部位细胞的形态不同，一般表皮毛基细胞宽而平，细胞壁明显加厚，细胞横向长方形或不规则形（图版Ⅵ：61，63，67）。表皮毛中部细胞其壁边缘加厚，角质层明显，细胞纵向长方形、矩形或不规则形（图版Ⅴ：52，57，图版Ⅵ：62）。表皮毛尖端明显渐尖（图版Ⅴ：57，58，60）。

单列多细胞毛有以下形态类型：

(1) 扭曲毛（twist hairs）：毛扭转卷曲，扁平稍向内卷曲，细胞 2～10 个不等，有的种单列毛细胞多达 10 个以上（图版Ⅱ：24，图版Ⅴ：57，58）。

(2) 线形毛（line-type hairs）：细长，由 2～5 个细胞组成，毛顶端细胞渐尖（图版Ⅱ：19，图版Ⅴ：59，60）。

(3) 直壁毛（straight-wall hairs）：相邻细胞壁直，顶端细胞长而渐尖。一般 10 个以上细胞排列而成，可以看到明显的分“节”，毛细胞长方形或者矩形整齐的单列（图版Ⅱ：22，23，图版Ⅵ：61，63，65）。

3　讨论

3.1　叶表皮特征与分布生境的关系

粗叶木属植物是亚洲热带和南亚热带原始林下优势地位十分明显的一类灌木植物，主要生在低海拔地区森林中。该属植物的分布生境与其微形态特征之间有一定的关系。通过立体显微镜、光学显微镜和扫描电镜对粗叶木属植物观察，发现该属植物叶表皮微形态的一般特征较为一致。大多数种类的叶为革质，纸质叶较少见；叶型以中等大小为主，单叶，对生。粗叶木属植物上下表皮细胞一般以不规则波状为主，角质层或者蜡被以及表皮毛的毛细胞角质层特征多样，细胞壁加厚现象明显。该属植物下表皮还分布有大量气孔和丰富的毛被。角质层是由表皮细胞内原生质体分泌所形成，通过质膜，沉积在表皮细胞的外壁上，对阻止植物体内水分蒸腾和抗病虫害具有重要作用（陆时万等，1991）。粗叶木属植物的这些叶表皮特征显示了它们有一定的耐旱性，但又生长于湿润热带 - 亚热带森林下，这一现象值得进一步探讨。粗叶木属植物表皮毛形态多样，表皮毛的疏密，着生位置和毛细胞的排列方式以及毛细胞的形态在不同种类之间，以及同一种植物的不同叶部位，有一定的变异，但该属植物叶表皮毛均是单细胞毛或者单列多细胞毛，又表现了总体上的一致性。

作者在实验过程中，曾经做了以下几个采集于不同地方即不同居群的种（*L. fordii*，*L. henryi*，*L. hirsutus*，*L. hispidulus*，*L. japonicus* var. *latifolius*，*L. sikkimensis*）的对比实验。结果显示，同种而不同产地的居群之间叶表皮微形态特征差异不显著，不论是光学显微镜下还是扫描电镜下的各项特征指标都较一致。例如：鸡屎树（*L. hirsutus*）分别采集于海南坝王岭和苏门答腊，其叶上、下表皮均生有长糙毛，气孔和表皮毛特征相似，仅蜡被的纹饰有差异，前者为颗粒状，后者为鳞片状。可见，尽管生境对叶表皮微形态特征有一定影响，但其遗传上是相对稳定性。

3.2　叶表皮特征为一些分类学疑难种类的处理提供了依据

从叶表皮特征研究的结果可以看出，粗叶木属植物叶表皮微形态特征虽总体较相似，但仍能在一些种类的分类学处理上提供解剖学的证据。例如：海南粗叶木（*L. hainanensis*），在中国植物志中被处理为染木树属植物，给予新名称琼岛染木树（*Saprosma merrillii*）(罗献瑞，1999)。从电镜下叶表皮特征可见，该种植物有表皮毛，毛细胞长方形，角质层条纹状，与粗叶木属植物相似，而染木树属植物一般叶表皮无表皮毛。作者已做过的花粉资料也显示出该种植物与粗叶木属植物花粉形态更为相似。又如：虎克粗叶木（*L. hookeri*）与变种睫毛虎克粗叶木（*L. hookeri* var. *dunnaiana*），日本粗叶木（*L. japonicus*）与变种宽叶日本粗叶木（*L. japonicus* var. *latifolius*），黄毛粗叶木（*L. rhinocerotis*）与亚种版纳粗叶木（*L. rhinocerotis* subsp. *xishuangbannaensis*），仅在蜡被纹饰和表皮毛的疏密程度上有细微差异，其他特征如表皮细胞和气孔等均较为一致。台湾粗叶木（*L. formosensis*）的叶表皮微形态特征与该属植物的其它种无明显差异，但作者做过的花粉研究结果显示该种植物的花粉形态独特（蔡敏等，2007)。

另外，粗叶木属植物与相关的巴戟天属（*Morinda* L.）的海南巴戟（*M. hainanensis*），九节属（*Psychotria* Linn.）的驳骨九节（*P. prainii*）和滇南九节（*P. henryi*）及尖叶木属（*Urophyllum* Merr.）的尖叶木（*U. chinensis*）相比较，在表皮毛细胞形状和毛细胞角质层纹饰特征有一定差异。染木属（*Saprosma* Bl.）的染木树（*S. ternatum*）气孔外拱盖和气孔外拱盖内缘均为浅波状，这些特征与粗叶木属以及相关属的其他种区别明显。

3.3 气孔和表皮毛

根据气孔与相邻细胞的关系，以及它的数目，大小与排列等为依据，可以看出粗叶木属植物气孔为平列型，也称茜草科型（陆时万等，1991)，在每一保卫细胞侧面伴随着一个或几个副卫细胞，它们的长轴与气孔的长轴平行。气孔和气孔器的各种类型在分类学的鉴定上具有一定价值。气孔的数目和分布情况，在木本植物的叶中不同（Prabhakar，2004)。粗叶木属植物叶气孔全部在下表皮，上表皮无气孔分布，并且在叶中脉部分的气孔较叶缘的多，一部分气孔下陷或被下表皮毛遮盖。粗叶木属植物气孔长轴径 径轴比变化幅度较大，反映了可能是部分气孔关闭(长 宽大)，部分气孔张开（长 宽小)，它们不同步，并且气孔的开关在很大程度上是由保卫细胞和副卫细胞通过形状的改变来控制的，显示了气孔在调节植物体与外界环境之间相互适应方面有重要的“门户”作用（Wilkinson，1979)。

表皮毛是指一切由表皮细胞形成的毛茸，这一点在叶片中脉上表皮细胞脱分化为表皮毛比较明显（Theobald 等，1979)。表皮毛一般单细胞毛或者单列多细胞毛，毛细胞矩形、长方形或不规则形，细胞壁加厚。表皮毛基部宽而平，末端渐尖，与叶中脉上的表皮细胞形态较为相似（图版Ⅴ：54，59)，从这些现象推测粗叶木属植物的表皮毛可能是由叶脉或叶下表皮上的表皮细胞衍生脱分化而来的。

致谢 昆明植物所标本馆提供部分材料以及电镜室高级实验师樊熙楷帮助扫描电镜实验。

〔参 考 文 献〕

Cai M (蔡敏), Zhu H (朱华), Wang H (王红), 2007. Pollen morphology of the genus *Lasianthus* (Rubiaceae) and related taxa in Asia [J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报) (in press)

Christophel DC, Kerrigan R, Rowett AI, 1996. The use of cuticular features in the taxonomy of the Lauraceae [J]. *Ann Missouri Bot Gard*, **83**: 419—432

David LD, 1974. Approaches to the identification of Angiosperm leaf remains [J]. *The Botanical Review* [C], Vol.40, January-March, No.1

Dilcher DL, 1974. Approaches to the identification of Angiosperm leaf remains [J]. *The Botanical Review* [C], **40**: 91—108

Heywood VH, Stace CA, Moore DM, 1984. Current concepts in plant taxonomy [C], *Systematics Association Special Volume* No.25 [M]. London and Orlando: Academic Press

Hickey LJ, 1973. Classification of the architecture of Dicotyledonous leaves [J]. *Amer J Bot*, **60**: 17—33

Hickey LJ, 1979. A revised classification of the architecture of Dicotyledonous leaves [A]. In: Metcalf CK, Chalk L. Anatomy of the Dicotyledons (2nd edition), Vol.1 [M]. Oxford: Clarendon Press, 25—39

Lo HS (罗献瑞), 1999. *Lasianthus* Jack [A]. In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, **71** (2): 70—106

Lu SW (陆时万), Xu XS (徐祥生), Shen MJ (沈敏健), 1991 . Botany (2nd edition) [M] . Beijing: Higher Education Press, 156—158

Pan KY (潘开玉), Lu AM (路安民), Wen J (温洁), 1990 . Characters of leaf epidermis in Hamamelidaceae (S . L) [J] . *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **28** (1): 10—26

Prabhakar M, 2004 . Structure, delimitation, nomenclature and classification of stomata [J] . *Acta Bot Sin* (植物学报), **46** (2): 242—252

Robbrecht E, 1988 . Tropical woody Rubiaceae [J] . *Opera Bot Belgica*, **1**: 132

Shui YM (税玉民), Li QR (李启任), Huang SH (黄素华), 1999 . Observation of leaf Epidermis and its hair of *Begonia* from Yunnan [J] . *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **21** (3): 309—316

Stace CA, 1966 . The use of epidermal characters in phylogenetic considerations [J] . *New Phytologist*, **65**: 304—318

Stace CA, 1984 . Cuticular studies as an aid to plant taxonomy [J] . *Bulletin British Museum* (*Natural History*) *Botany*, **4**: 3—8

Sun TX (孙同兴), Hu YX (胡玉熹), Lang KY (郎楷永), 1999 . A Study on micromorphological characters of leaf epidermis of Neottianthe in China [J] . *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **21** (1): 51—62

Sun TX (孙同兴), Yao H (姚辉), Wu H (吴鸿) *et al* . 2003 . Comparative anatomy on leaves of *Polyalthia* (Annonaceae) [J] . *Wuhan Bot Res* (武汉植物研究), **21** (1): 9—17

Theobald WL, Krahulik JK, Rollins RC, 1979 . Trichome description and classification [A], Anatomy of the Dicotyledons (2nd edition) [M] . Oxford: Clarendon Press, 40—50

Wilkinson HP, 1979 . The plant surface (mainly leaf) [A], Anatomy of the Dicotyledons (2nd edition) [M] . Oxford: Clarendon Press, 97—162

Zhu H (朱华), 1994 . A taxonomic study on the genus *Lasianthus* Jack in China [J] . *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **32** (1): 49—81

Zhu H (朱华), 1998 . Notes on the genus *Lasianthus* Jack (Rubiaceae) from Asia [J] . *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **20** (2): 149—159

Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵), 2000 . A new subspecies of the genus *Lasianthus* Jack (Rubiaceae) from Yunnan with a reference to its biogeographical implication [J] . *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **38** (3): 282—285

Zhu H, 2001a . New plants of *Lasianthus* Jack (Rubiaceae) from Kinabalu, Borneo and its biogeographical implication [J] . *Blumea*, **46**: 447—455

Zhu H (朱华), 2001b . A taxonomic revision of the genus *Lasianthus* Jack (Rubiaceae) from Thailand [J] . *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), **39** (2): 116—150

Zhu H, 2002 . A revision of the genus *Lasianthus* Jack (Rubiaceae) from China [J] . *Syst Geogr Plant*, **72**: 63—110

图版说明

图版Ⅰ：光镜下，粗叶木属及相关属植物叶上下表皮细胞形态特征，比例尺 100 μm。1～5 **粗叶木属上表皮细胞形态和角质层：** 1 .**斜基粗叶木**；2 .**小花粗叶木**；3 .**罗浮粗叶木**；4 .**美脉粗叶木**；5 .**文山粗叶木**。6～8 **相关属植物上表皮细胞形态：** 6 .**驳骨九节**；7 .**印度羊角藤**；8 .**海南巴戟**。9～12 **粗叶木属下表皮细胞和气孔形态：** 9～10 .**西南粗叶木**；11 .**小花粗叶木**；12 .**文山粗叶木**。

图版Ⅱ：光镜下，粗叶木属及相关属植物叶下表皮气孔和表皮毛形态特征，比例尺 100 μm。13～18 **气孔形态特征：** 13 .**锡金粗叶木**；14 .**虎克粗叶木**；15 .**库兹粗叶木**；16 .**版纳粗叶木**；17 .**染木树**；18 .**尖叶木**。19～24 **表皮毛形态特征：** 19 .**睫毛虎克粗叶木**；20 .**库兹粗叶木**；21～22 .**鸡屎树**；23 .**斜基粗叶木**；24 .**虎克粗叶木**。

图版Ⅲ：电镜下，粗叶木属及相关属植物叶上表皮角质层和下表皮及气孔形态特征，25～32 **及** 35 **比例尺** 50 μm，33，34，36 **比例尺** 10 μm。25～29 **上表皮角质层：** 25 .**西南粗叶木**；26 .**锡金粗叶木**；27 .**长萼粗叶木**；28 .**日本粗叶木**；29 .**海南粗叶木**。30～36 **下表皮及气孔：** 30 .**黄毛粗叶木**；31 .**罗浮粗叶木**；32 .**尖叶木**；33 .**鸡屎树**；34 .**粗叶木**；35 .**文山粗叶木**；36 .**西南粗叶木**。

图版Ⅳ：电镜下，粗叶木属及相关属植物叶气孔形态特征，比例尺除 37 **和** 46 **是** 50 μm，**其余均为** 10 μm。37 .**锡金粗叶木**；38 .**虎克粗叶木**；39 .**库兹粗叶木**；40 .**睫毛虎克粗叶木**；41 .**日本粗叶木**；42 .**版纳粗叶木**；43 .**台湾粗叶木**；44 .**海南粗叶木**；45 .**泰北粗叶木**；46～47 .**梗花粗叶木**；48 .**滇南九节**。

图版Ⅴ：电镜下，粗叶木属及相关属植物叶气孔和表皮毛形态特征，比例尺除 49 **和** 51 **是** 10 μm，**其余均为** 50 μm。49～51 **气孔形态特征：** 49 .**海南巴戟**；50 .**染木树**；51 .**尖叶木**。52～60 **表皮毛形态特征：** 52 .**鸡屎树**；53 .**台湾粗叶木**；54 .**文山粗叶木**；55～56 .**鸡屎树**；57 .**锡金粗叶木**；58 .**虎克粗叶木**；59 .**库兹粗叶木**；60 .**睫毛虎克粗叶木**。

图版Ⅵ：电镜下，粗叶木属及相关属植物叶表皮毛形态特征，比例尺除 62 **和** 68 **是** 10 μm，**其余均为** 50 μm。61～62 .**鸡屎树**；63 .**文山粗叶木**；64 .**截萼粗叶木**；65 .**长萼粗叶木**；66 .**美脉粗叶木**；67 .**日本粗叶木**；68 .**梗花粗叶木**；69 .**版纳粗叶木**；70 .**驳骨九节**；71 .**泰北粗叶木**；72 .**尖叶木**。

Explanation of Plates

Plate Ⅰ: 1-12 Under LM, the epidermal cell morphology of *Lasianthus* and some related genera on the upper and the lower leaf surfaces . Bars, 100 μm . 1-5 Epidermal cell morphology and thick corticle of *Lasianthus* on the upper leaf surface: 1 . *L. attenuatus*; 2 . *L. micranthus*; 3 . *L. fordii*; 4 . *L. lancifolius*; 5 . *L. hispidulus* . 6-8 Epidermal cell morpholo-

gy of the related genera on the upper leaf surface: 6 . *Psychotria prainii*; 7 . *Morinda umbellata*; 8 . *Morinda hainanensis* . 9 - 12 Epidermal cell morphology and the stomata of *Lasianthus* on the lower leaf surface: 9 - 10 . *L. henryi*; 11 . *L. micranthus*; 12 . *L. hispidulus* .

Plate Ⅱ: 13 - 24 Under LM, the epidermal stomata and the indumentum morphology of *Lasianthus* and its related genera on the lower leaf surface . Bars, 100 μm . 13 - 18 Stomata morphology: 13 . *L. sikkimensis*; 14 . *L. hookeri*; 15 . *L. chrysoneurus*; 16 . *L. rhinocerotis* subsp. *xishuangbannaensis*; 17 . *Saprosma ternatum*; 18 . *Urophyllum chinensis* . 19 - 24 Indumentum morphology: 19 . *L. hookeri* var. *dunniana*; 20 . *L. chrysoneurus*; 21 - 22 . *L. hirsutus*; 23 . *L. attenuatus*; 24 . *L. hookeri* .

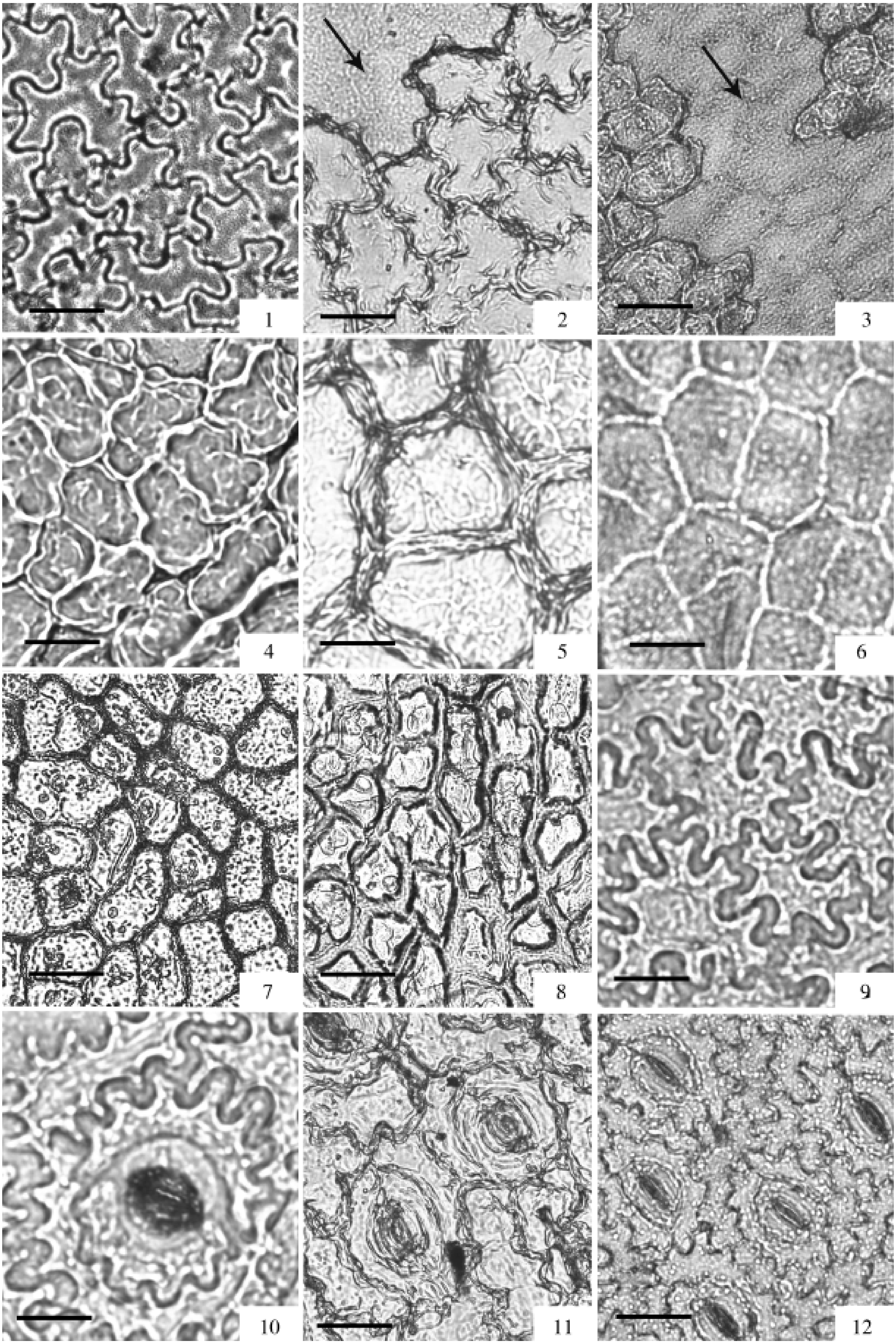
Plate Ⅲ: 25 - 36 Under SEM, the epidermal cell corticle and the stomata morphology of *Lasianthus* and its related genera on the upper and the lower leaf surfaces . Bars, 50 μm for 25 - 32 and 35, 10 μm for 33, 34, 36 . 25 - 29 Epidermal corticle on the upper leaf surface: 25 . *L. henryi*; 26 . *L. sikkimensis*; 27 . *L. chevalieri*; 28 . *L. japonicus*; 29 . *L. hainanensis* . 30 - 36 Epidermal cell morphology and the stomata on the lower leaf surface: 30 . *L. rhinocerotis*; 31 . *L. fordii*; 32 . *Urophyllum chinensis*; 33 . *L. hirsutus*; 34 . *L. chinensis*; 35 . *L. hispidulus*; 36 . *L. henryi* .

Plate Ⅳ: 37 - 48 Under SEM, the stomata morphology of *Lasianthus* and its related genera . Bars, 50 μm for 37 and 46, 10 μm for the others . 37 . *L. sikkimensis*; 38 . *L. hookeri*; 39 . *L. chrysoneurus*; 40 . *L. hookeri* var . *dunniana*; 41 . *L. japonicus*; 42 . *L. rhinocerotis* subsp. *xishuangbannaensis*; 43 . *L. formosensis*; 44 . *L. hainanensis*; 45 . *L. schmidtii*; 46 - 47 . *L. biermannii*; 48 . *Psychotria henryi* .

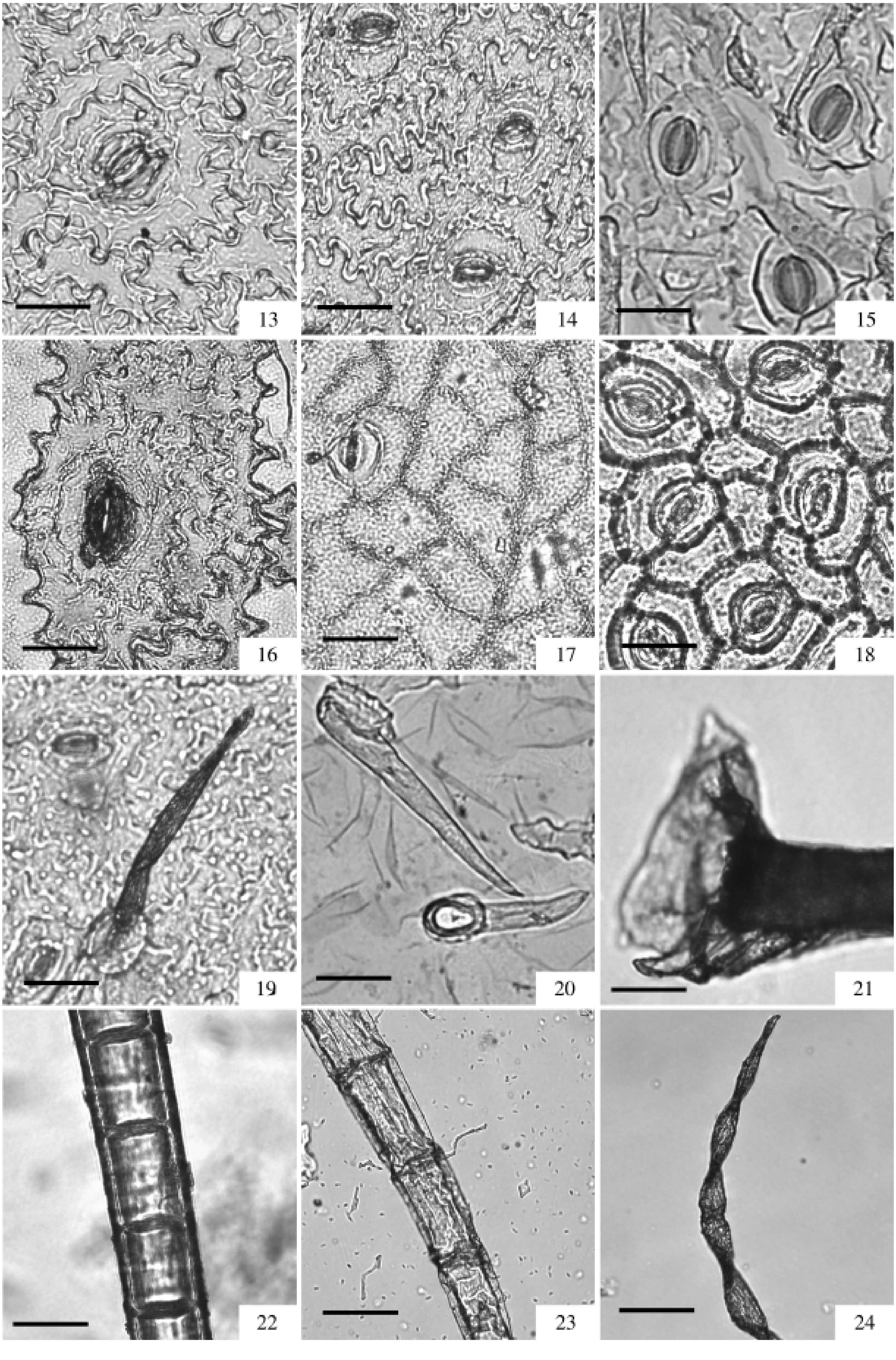
Plate Ⅴ: 49 - 60 Under SEM, the stomata and the indumentum morphology of *Lasianthus* and its related genera . Bars, 10 μm for 49 and 51, 50 μm for the others . 49 - 51 Stomata morphology: 49 . *Morinda hainanensis*; 50 . *Saprosma ternatum*; 51 . *Urophyllum chinensis* . 52 - 60 Indumentum morphology: 52 . *L. hirsutus*; 53 . *L. formosensis*; 54 . *L. hispidulus*; 55 - 56 . *L. hirsutus*; 57 . *L. sikkimensis*; 58 . *L. hookeri*; 59 . *L. chrysoneurus*; 60 . *L. hookeri* var. *dunniana* .

Plate Ⅵ: 61 - 72 Under SEM, the indumentum morphology of *Lasianthus* and its related genera . Bars, 10 μm for 62 and 68, 50 μm for the others . 61 - 62 . *L. hirsutus*; 63 . *L. hispidulus*; 64 . *L. verticillatus*; 65 . *L. chevalieri*; 66 . *L. lancifolius*; 67 . *L. japonicus*; 68 . *L. biermannii*; 69 . *L. rhinocerotis* subsp. *xishuangbannaensis*; 70 . *Psychotria prainii*; 71 . *L. schmidtii*; 72 . *Urophyllum chinensis* .

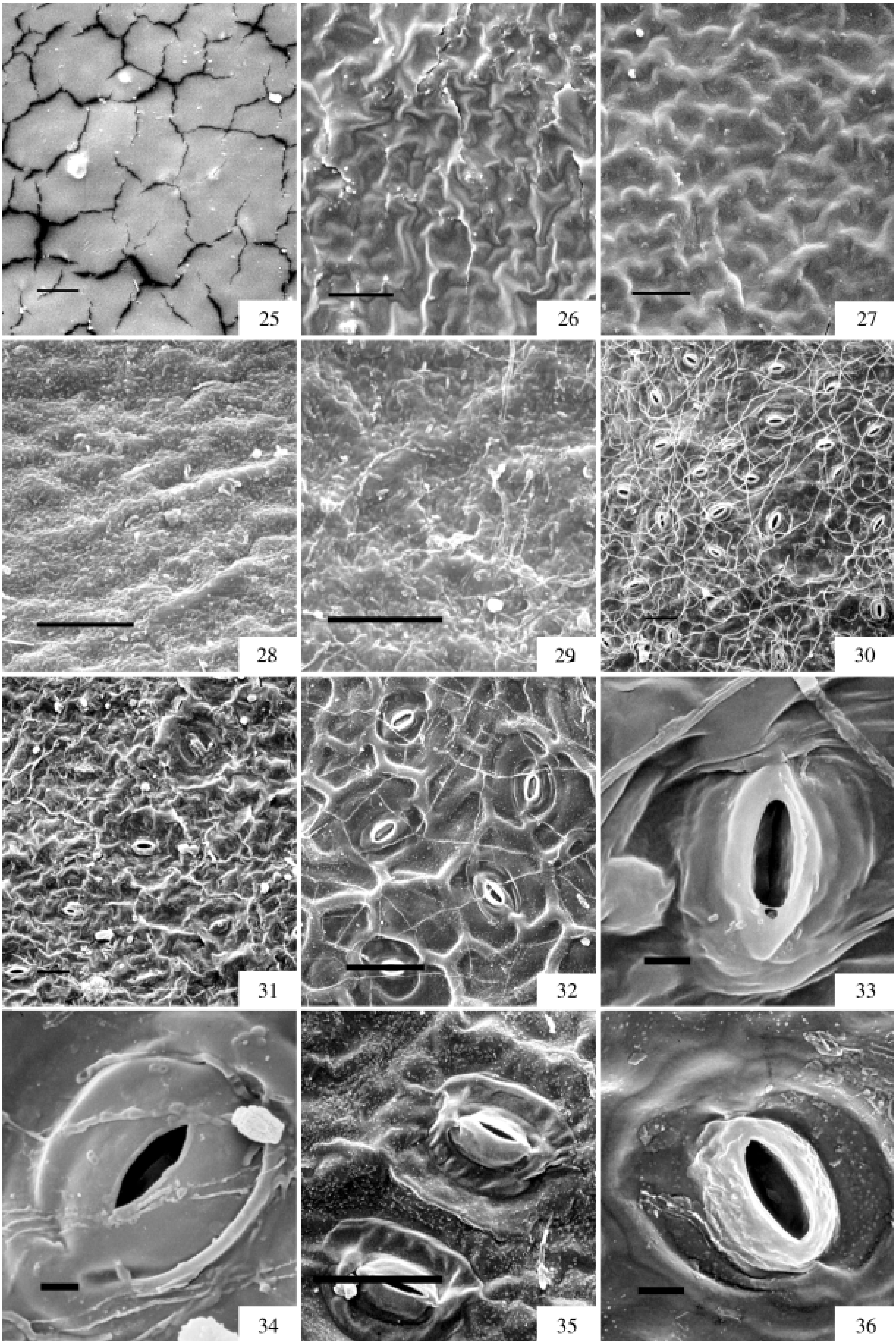
蔡　敏等：图版 I　　　　CAI Min *et al*: Plate I



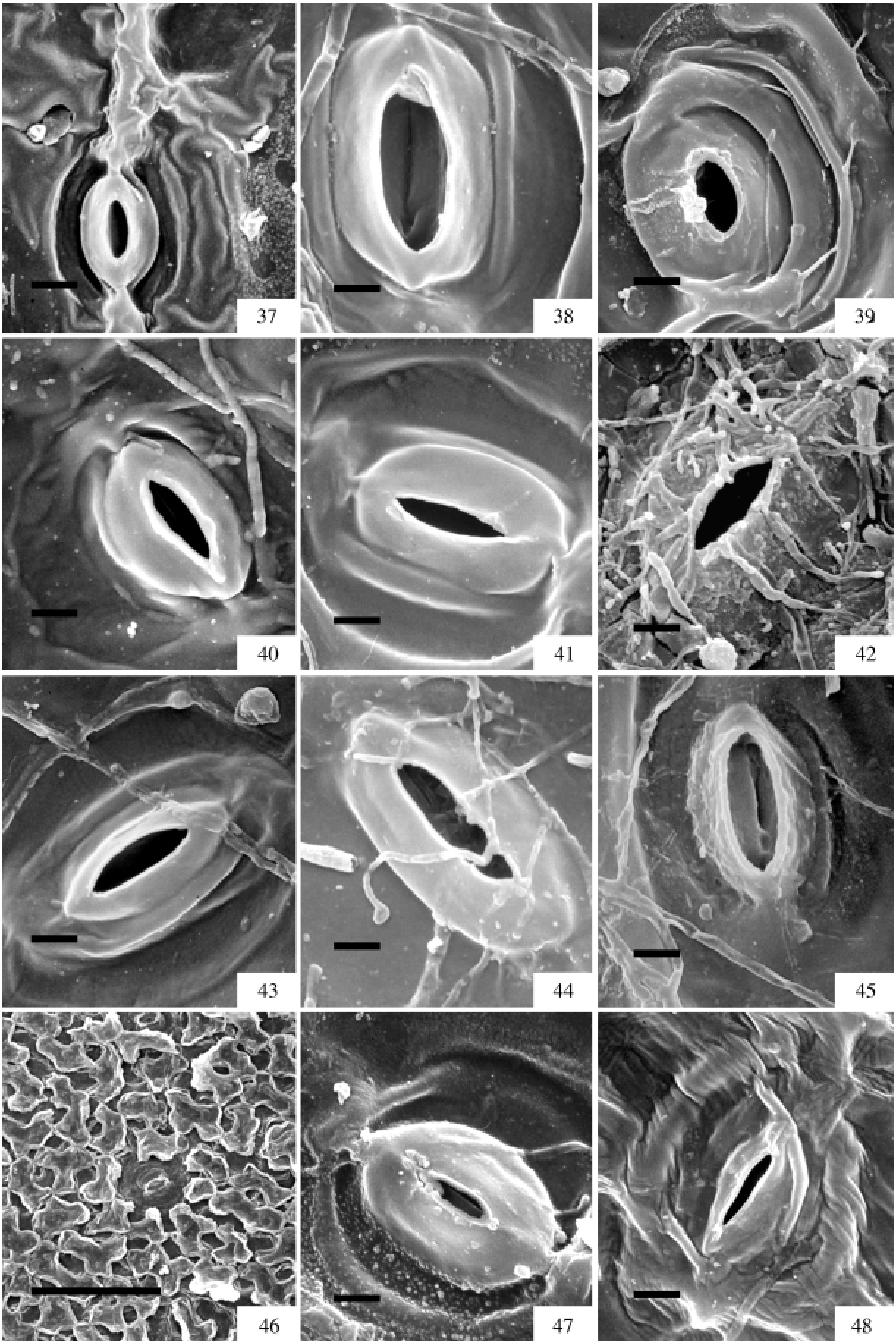
蔡 敏等：图版II CAI Min *et al*: Plate **II**



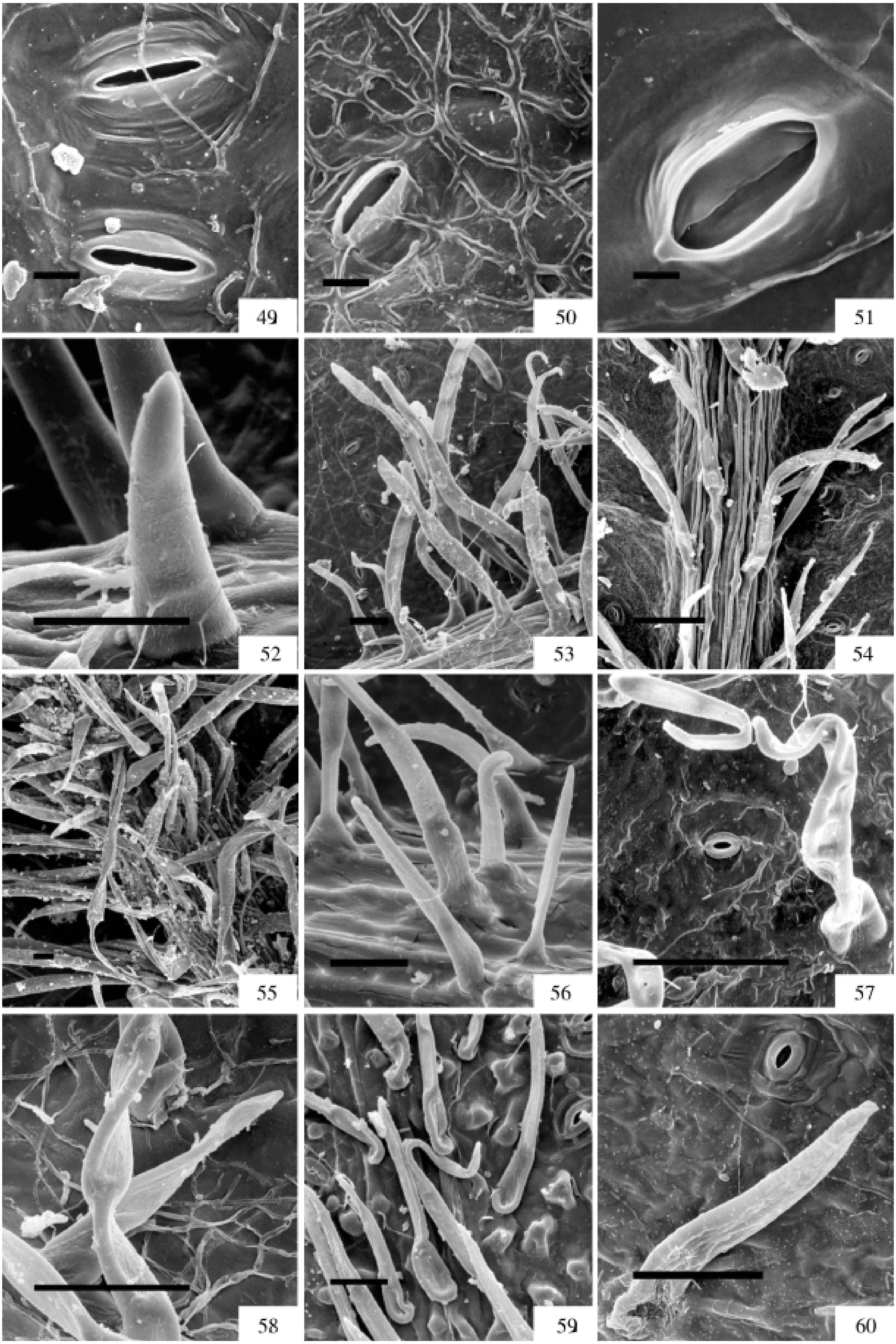
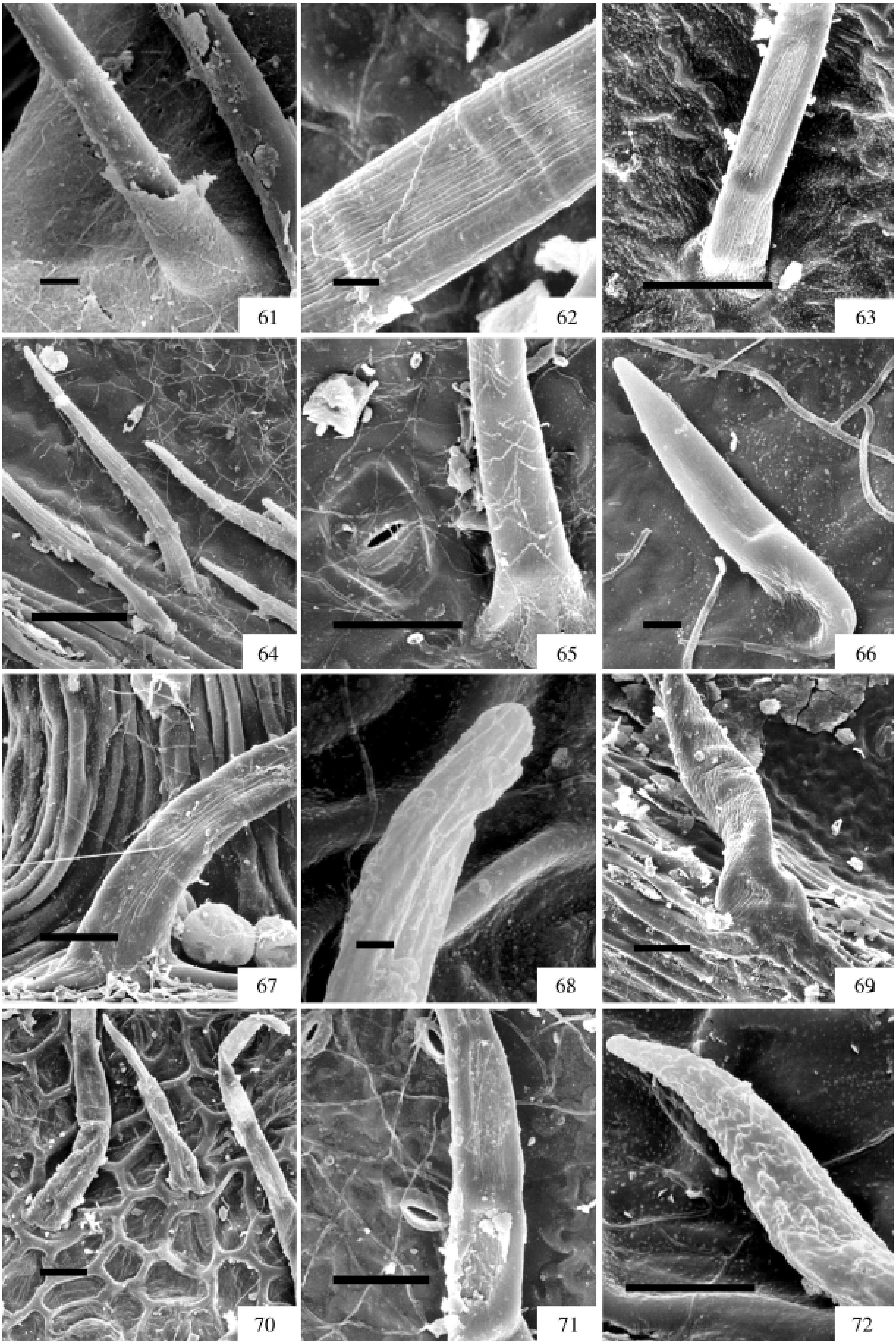
蔡　敏等：图版Ⅲ　　CAI Min *et al*: Plate Ⅲ



蔡 敏等：图版IV CAI Min *et al*: Plate **IV**



蔡　敏等：图版 V　　　　CAI Min *et al*: Plate V



蔡　敏等：图版Ⅵ　　CAI Min *et al*: Plate Ⅵ